

### Sicherheitselement zur RF-Identifikation

5

Die Erfindung betrifft ein Sicherheitselement zur RF-Identifikation, das eine flexible, elektrisch nicht leitende Substratschicht und eine auf die Substratschicht aufgebraute erste leitfähige Schicht aus einem elektrisch leitenden Material aufweist, die in einem ersten Flächenbereich der Substratschicht musterförmig zur  
10 Bildung eines RF-Bauteils ausgeformt ist. Die Erfindung betrifft weiter ein Verfahren zum Erzeugen eines derartigen Sicherheitselementes.

US 4,220,956 beschreibt eine RF-Identifikationsschaltung (RF = Radio Frequency), die eine Reihe von Antennen besitzt, die mittels eines Ätzprozesses aus einem  
15 Kupferlaminat gefertigt sind. Das Kupferlaminat ist auf einem Dielektrikum aufgebracht. Da das Dielektrikum keine elektrischen Funktionen erbringt, kann es sehr dünn ausgeformt werden, wodurch sich die mechanische Flexibilität der RF-Identifikationsschaltung erhöht.

20 US 5,528,222 beschreibt eine RF-Identifikationsschaltung, die einen von einer Basisstation gesendeten RF-Träger zurück zur Basisstation reflektiert und hierbei dem reflektierten Signal eine zusätzliche Information gemäß eines vorprogrammierten Informationsprotokolls aufmoduliert. Die RF-Identifikationsschaltung weist eine Halbleiterschaltung mit einem Speicher und ein  
25 oder mehrere RF-Bauteile einer RF-Schaltung auf. Die Halbleiterschaltung ist auf einem Substrat montiert. Das von der Antenne empfangene RF-Signal wird an die Halbleiterschaltung weitergeleitet. Bei dem Substrat handelt es sich um ein flexibles, nicht leitendes Substrat. Die Antenne ist ein integraler Bestandteil des Substrates. Sie besteht aus einer 25 bis 35 µm dicken Kupferbahn, die auf einer Polyester- oder  
30 Polyamid-Schicht aufgebracht ist.

Aufgrund dieses Aufbaus hat die RF-Identifikationsschaltung eine sehr dünne und mechanisch flexible Form, so daß sie sich gut als Sicherheitselement für Kreditkarten und Pässe eignet.

- 5 Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, ein verbessertes Sicherheitselement zur RF-Identifikation bereitzustellen.

Diese Aufgabe wird von einem Sicherheitselement zur RF-Identifikation gelöst, das eine flexible, elektrisch nicht leitende Substratschicht und eine auf die

10 Substratschicht aufgebrachte erste leitfähige Schicht aus einem elektrisch leitfähigen Material aufweist, die in einem ersten Flächenbereich der Substratschicht musterförmig zur Bildung eines RF-Bauteils ausgeformt ist, und bei dem in dem dem RF-Bauteil zugeordneten Flächenbereich der ersten leitfähigen Schicht zumindest bereichsweise eine erste Reliefstruktur abgeformt ist. Die Erfindung wird weiter von

15 einem Verfahren zum Erzeugen eines Sicherheitselements zur RF-Identifikation gelöst, bei dem auf einer flexiblen, elektrisch leitenden Substratschicht in einem ersten Flächenbereich der Substratschicht eine erste leitfähige Schicht aus einem elektrisch leitenden Material musterförmig zur Bildung eines RF-Bauteils ausgeformt aufgebracht wird und bei dem in dem dem RF-Bauteil zugeordneten Flächenbereich

20 in der ersten leitfähigen Schicht zumindest bereichsweise eine erste Reliefstruktur zur Änderung von elektrischen Eigenschaften des RF-Bauteils abgeformt wird.

Durch die Erfindung wird der Vorteil erreicht, daß die mechanische Flexibilität von Sicherheitselementen zur RF-Identifikation weiter erhöht werden kann und daß die

25 Produktionskosten gesenkt werden. So ist es durch die Erfindung zum einen möglich, die Dicke der elektrisch leitfähigen Schicht zu reduzieren und gleichzeitig die Güte der RF-Bauteile des Sicherheitselements konstant zu halten. Umgekehrt ist es möglich, bei konstanter Abmessung und Dicke der RF-Bauteile die Güte der RF-Bauteile und damit die elektrischen Eigenschaften des Sicherheitselements zu

30 verbessern.

Unter RF-Identifikation (RF-ID = Radio Frequency-Identification) ist allgemein eine kontaktlose RF-Kommunikation zwischen einem Transponder, der einem

Gegenstand oder einer Person zugeordnet ist, und einer Lesevorrichtung zu verstehen. Der Transponder weist hierbei beispielsweise eine Antenne auf, die Teil eines Resonanzschaltkreises ist und/ oder mit einem Halbleiterchip verbunden ist. Unter RF-Bauteilen sind Bauteile zur Verarbeitung von RF Signalen, beispielsweise Antennen, Spulen oder Kondensatoren zu verstehen.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen bezeichnet.

Gemäß eines bevorzugten Ausführungsbeispiels der Erfindung ist im ersten Flächenbereich die leitfähige Schicht in Form einer RF-Antenne oder -Spule ausgeformt, wobei in dem der RF-Antenne bzw. der -Spule zugeordneten Bereich der leitfähigen Schicht die Rillen der Reliefstruktur im Mittel mehr längs zur Flussrichtung des elektrischen Stromes als quer zur Flussrichtung des elektrischen Stromes orientiert sind. Hierdurch wird der Qualitätsfaktor Q, der durch

15

$$Q = R \cdot \left( \frac{C}{L} \right)^{1/2}$$

mit R = ohmscher Widerstand der Schaltung, C = Kapazität, L = Gesamtinduktivität der Antenne, definiert ist, verbessert. Durch eine derartige Reliefstruktur wird zum einen die effektive Breite der die RF-Antenne bzw. -Spule bildenden Leiterbahnen vergrößert, wodurch der Widerstand der Leiterbahnen bei konstanter Dicke der leitfähigen Schicht reduziert wird, zum anderen wirkt sich die hierdurch erzielte Vergrößerung der Oberfläche der leitfähigen Schicht in dem Bereich der RF-Antenne bzw. -Spule auf den Skin-Effekt aus, wodurch sich eine weitere Reduktion des Wirkwiderstandes der RF-Antenne bzw. -Spule ergibt. Hierdurch ist es dann möglich, die elektrisch leitfähige Schicht dünner auszuformen und hierbei die Güte der Antenne bzw. Spule konstant zu halten. Hierdurch werden die Herstellungskosten verringert und es wird ermöglicht, Sicherheitselemente mit hoher mechanischer Flexibilität herzustellen. Alternativ ist es möglich, die Dicke der elektrisch leitfähigen Schicht konstant zu halten und die Breite der die RF-Antenne bzw. -Spule bildenden Leiterbahnen zu reduzieren, wodurch sich die Packungsdichte erhöhen lässt.

30

Hierbei ist es besonders vorteilhaft, die Rillen der Reliefstruktur in dem der RF-Antenne bzw. –Spule zugeordneten Bereich der leitfähigen Schicht längs der Flussrichtung des elektrischen Stromes zu orientieren. Hierdurch wird eine besonders hohe Reduzierung des ohmschen Widerstandes erzielt.

5

Zweckmäßigerweise wird hierbei die erste elektrisch leitfähige Schicht in dem ersten Bereich in Form einer oder mehrerer Leiterbahnen mit einer Breite von 5 µm bis 10 mm, vorzugsweise im Bereich von 100 µm, ausgeformt.

- 10 Gemäß eines weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiels der Erfindung weist das Sicherheitselement eine zweite elektrisch leitfähige Schicht auf, wobei die erste und die zweite elektrisch leitfähige Schicht im ersten Flächenbereich ein kapazitives Element bilden. Durch die Reliefstruktur wird hier nun die Oberfläche der elektrisch leitfähigen Schicht im ersten Flächenbereich erhöht, wodurch sich die Ladungsdichte im ersten Flächenbereich erhöht. Hierdurch erhöht sich dann auch die Kapazität des kapazitiven Elements, das im ersten Flächenbereich bereitgestellt wird. Dieser Effekt kann dazu verwendet werden, den für das kapazitive Element vorgesehenen Flächenbereich zu reduzieren oder mittels der Reliefstruktur eine Feinabstimmung der Resonanzfrequenz eines Schwingkreises zu bewirken. Damit ist es möglich, die Packungsdichte des Sicherheitselements zu erhöhen, Produktionskosten zu senken und die elektrischen Eigenschaften des Sicherheitselements zu verbessern.
- 15  
20

Besonders vorteilhaft ist es hier, im Bereich des kapazitiven Elementes eine erste Reliefstruktur vorzusehen, die von einer Reliefstruktur mit einer Vielzahl von sich kreuzenden Rillen gebildet wird. Hierdurch ist es möglich, eine besonders hohe fraktale Komponente und damit eine besonders hohe Ladungsdichte zu erzielen. Dies ist auch dadurch erzielbar, daß in dem dem kapazitiven Element zugeordneten Flächenbereich in der zweiten leitfähigen Schicht zumindest bereichsweise eine zweite Reliefstruktur abgeformt ist.

25

30

Es hat sich gezeigt, daß die Verwendung von Reliefstrukturen mit einer Profiltiefe im Bereich von 50 nm bis 10 µm und einer Spatialfrequenz von 100 bis 2000 Linien pro mm besonders geeignet sind. Weiter hat es sich als vorteilhaft gezeigt, die erste

elektrisch leitfähige Schicht in einer Dicke von 50 nm bis 50 µm, bevorzugt etwa 500 nm, auszuführen. Bei einer derartigen Kombination von Relieftiefe, Spatialfrequenz und Schichtdicke der elektrisch leitfähigen Schicht sind die durch die Erfindung erzielten, oben geschilderten Vorteile besonders hoch.

5

Es hat sich weiter als zweckmäßig gezeigt, die erste elektrisch leitfähige Schicht mittels Aufdampfen einer Teilschicht auf die Substratschicht aufzubringen. Die Metallschicht kann hierbei durch die Verwendung von Bedampfungsmasken bereits partiell musterförmig zur Bildung des RF-Bauteils im ersten Flächenbereich aufgedampft werden. Weiter ist es möglich, daß zuerst eine vollflächige Bedampfung erfolgt und sodann der erste Flächenbereich partiell musterförmig zur Bildung des RF-Bauteils demetallisiert wird. Hierdurch ergeben sich produktionstechnische Vorteile bei der Herstellung der ersten leitfähigen Schicht, insbesondere in dem oben geschilderten Schichtdickebereich.

10

15

Es ist zweckmäßig, daß die Substratschicht eine Replizierschicht aufweist und die erste Reliefstruktur in die der ersten leitfähigen Schicht zugewandten Oberfläche der Replizierschicht abgeformt ist. Damit ist die Reliefstruktur sowohl in der Oberfläche der Replizierschicht als auch in der ersten leitfähigen Schicht abgeformt, so daß die Substratschicht die Reliefform der ersten leitfähigen Schicht stützt.

20

Als Reliefstruktur ist bevorzugt eine sägezahnförmige Reliefstruktur, beispielsweise ein Blaze-Gitter, zu verwenden. Eine derartige Profilform stellt einen gelungenen Kompromiss zwischen einer hohen fraktalen Komponente (effektive Breite zu projizierter Breite) und der Möglichkeit dar, durch übliche und erprobte Beschichtungsverfahren eine erste leitfähige Schicht konstanter Dicke zu erzielen. Weiter hat sich die Verwendung von Reliefstrukturen als vorteilhaft erwiesen, die aus der Überlagerung einer Grobstruktur und einer Feinstruktur gebildet werden.

25

30

Gemäß eines weiteren bevorzugten Ausführungsbeispiels der Erfindung dient die Reliefstruktur nicht nur zur Verbesserung der elektrischen Eigenschaften von RF-Bauteilen, sondern dient zusätzlich der Erzeugung von optischen Sicherheitsmerkmalen. Die Reliefstruktur weist so beispielsweise diffraktive Bereiche

auf, die bei Lichteinfall beugungsoptische Effekte erzielen, die als weiteres Sicherheitsmerkmal dienen.

Besonders vorteilhaft ist es weiter, wenn das Sicherheitselement ein Folienelement  
5 darstellt, insbesondere eine Prägefolie, eine Laminierfolie, eine Stickerfolie oder ein  
Teilelement einer Übertragungslage einer derartigen Folie ist. Das  
Sicherheitselement lässt sich damit besonders kostengünstig produzieren. Weiter  
ergeben sich große Vorteile bei der späteren Anwendung: Das optische  
Sicherheitselement kann damit beispielsweise besonders einfach und kostengünstig  
10 auf Sicherheitsdokumente, wie Reisepässe, Führerscheine, Eintrittskarten,  
Kreditkarten, Fahrkarten für Transportsysteme oder Software-Lizenzen, aufgebracht  
werden. Dies gilt ebenso für das Aufbringen des Sicherheitselements auf Produkte,  
beispielsweise zur Warensicherung, zur Warenverfolgung oder zur Waren-  
Authentifizierung. Weiter ist es möglich, das Sicherheitselement besonders dünn und  
15 flexibel aufzubauen.

Zweckmäßigerweise weist das Sicherheitselement eine Resonatorschaltung zur RF-  
Identifikation und/oder einen Chip auf. Bei der Ausführung als Folienelement ist es  
hierbei auch möglich, den Chip in das Folienelement zu implementieren oder die  
20 elektrische Logik des Chips in ein oder mehreren Schichten des Folienelements zu  
implementieren. Die Abstimmbarkeit des Sicherheitselementes wird weiter dadurch  
erhöht, daß in der ersten leitfähigen Schicht aus einem elektrisch leitenden Material  
zwei oder mehr mit Verbindungsbahnen verbundene kapazitiven Teil-Elemente  
ausgeformt werden. Bei der Feinabstimmung der Resonanzfrequenz des  
25 Sicherheitselements werden dann ein oder mehrere dieser Verbindungsbahnen zu  
kapazitiven Teilelementen beispielsweise mittels eines Laserstrahls durchtrennt.  
Dadurch kann das Sicherheitselement beispielsweise in einem Individualisierungs-  
oder Personalisierungsschritt auf eine individuelle Resonanzfrequenz abgestimmt  
werden, so daß ein flexibler Einsatz ermöglicht und Produktionskosten gesenkt  
30 werden.

Im folgenden wird die Erfindung anhand von mehreren Ausführungsbeispielen unter  
Zuhilfenahme der beiliegenden Zeichnungen beispielhaft erläutert.

Fig. 1a zeigt eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Sicherheitselements zur RF-Identifikation.

5 Fig. 1b zeigt ein Ersatzschaltbild des Sicherheitselementes nach Fig. 1a.

Fig. 1c zeigt ein Funktionsdiagramm zur Verdeutlichung der Funktionsweise des Sicherheitselementes nach Fig. 1a.

10 Fig. 2a zeigt eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Sicherheitselementes zur RF-Identifikation.

Fig. 2b und

15 Fig. 2c zeigen schematische Darstellungen von Teilbereichen des Sicherheitselementes nach Fig. 2a.

Fig. 3, bis

20 Fig. 5 zeigen schematische Darstellungen zur Verdeutlichung alternativer Ausführungsformen des Sicherheitselementes nach Fig. 2a.

Fig. 6a bis

Fig. 6c zeigen schematische Darstellungen von Flächenbereichen erfindungsgemäßer Sicherheitselemente.

25 Fig. 7a und

Fig. 7b zeigen schematische Darstellungen eines weiteren erfindungsgemäßen Sicherheitselementes zur RF-Identifikation.

30 Fig. 8a zeigt eine schematische Darstellung eines weiteren erfindungsgemäßen Sicherheitselementes zur RF-Identifikation.

Fig. 8b und

Fig. 8c zeigen Ersatzschaltbilder von RF-Bauteilen des Sicherheitselementes nach Fig. 8a.

Fig. 9a bis

5 Fig. 9d zeigen schematische Darstellungen weiterer erfindungsgemäßer Sicherheitselemente zur RF-Identifikation.

Fig. 1a zeigt ein Sicherheitselement zur RF-Identifikation 1, das von einer Substratschicht 11 und einer auf der Ober- und Unterseite der Substratschicht 11  
10 aufgebracht Schicht aus einem elektrisch leitfähigen Material gebildet wird.

Die Substratschicht 11 wird von einem dünnen elastischen Kunststoffmaterial, beispielsweise einer Dicke von 20 µm, gebildet. Die auf der Oberseite der Substratschicht 11 aufgebrachte leitfähige Schicht ist musterförmig ausgeformt, so  
15 daß sie eine RF-Antennenspule 12 und eine Platte eines kapazitiven Elements 13 bildet. Die auf der Unterseite der Substratschicht angebrachte leitfähige Schicht ist ebenfalls musterförmig zur Bildung eines RF-Bauteils ausgeformt und bildet im Bereich der Platte 13 ebenfalls eine Platte 14 aus, die zusammen mit der Platte 13 das kapazitive Element bildet.

20 Die Schichten aus einem elektrisch leitfähigen Material haben eine Dicke von 50 nm bis 50 µm. Die in Fig. 1a gezeigte musterförmige Form der leitfähigen Schicht wird durch einen Ätzprozess aus einer vollflächigen Metallschicht, durch Auftragen einer leitfähigen Paste oder eines dünnen Metalldrahtes erzeugt. Weiter wird in die auf der  
25 Oberfläche der Substratschicht 11 aufgebrachte leitfähige Schicht im Bereich der RF-Antennenspule eine Reliefstruktur zur Veränderung der elektrischen Parameter dieses RF-Bauteils abgeformt.

30 So ist die Reliefstruktur beispielsweise in einem Metalldraht abgeformt, der auf einer planaren Substratschicht fixiert ist. Die erzielbare Packungsdichte kann hierbei dadurch erhöht werden, daß nicht nur in der Ober- und Unterseite des Drahtes ( in Bezug auf die Substratschicht) eine Reliefstruktur abgeformt ist, sondern daß auch in den Seitenflächen des Drahtes eine Reliefstruktur abgeformt ist. Die Reliefstrukturen



benachbarter Drahtbahnen weisen hierbei bevorzugt ineinandergreifende Reliefstrukturformen auf, beispielsweise um eine halbe Periode gegeneinander phasenverschobene Rechteck-, Sinus- oder Dreieckstrukturen.

- 5 Durch die musterförmige Ausgestaltung der leitfähigen Schichten wird eine parallele Resonanzschaltung gebildet, deren Ersatzschaltbild in Fig. 1b gezeigt ist:

Fig. 1b zeigt eine elektrische Schaltung 14, die aus der Parallelschaltung eines Widerstandes R, einer Kapazität C und einer Induktivität L gebildet wird. Durch die  
10 von einer Lesevorrichtung abgestrahlten RF-Signale wird in der RF-Antennenspule 12 eine Spannung induziert, so daß an dem Schaltkreis eine Ausgangs-Spannung  $V_0$  anliegt.

Fig. 1c zeigt nun eine Darstellung einer Funktion 15, die die Ausgangsspannung  $V_0$  in  
15 Abhängigkeit von der Frequenz des von der Lesevorrichtung abgestrahlten RF-Signals beschreibt.

Bei der Resonanzfrequenz  $f_0$ , mit

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}},$$

20 beträgt die Bandbreite B der Schaltung nach Fig. 1b

$$B = \frac{1}{2\pi \cdot R \cdot C}.$$

Damit beträgt der Qualitätsfaktor  $Q = \frac{f_0}{B} = R \cdot \sqrt{\frac{C}{L}}.$

25

Damit ergibt sich schließlich folgender Zusammenhang für die Spannung  $V_0$  und damit für die induzierte Signalstärke:

$$V_0 = 2\pi \cdot f_0 \cdot N \cdot Q \cdot S \cdot B_0 \cdot \cos \alpha,$$

wobei  $f_0$  die Resonanzfrequenz ist, N die Zahl der Windungen der RF-Antennenspule 12 ist, S die von der RF-Antennenspule 12 umschlossene Fläche ist,  $B_0$  die Stärke des von dem RF-Lesegerät empfangenen Signals ist und  $\alpha$  der Winkel  
5 zwischen dem Ausbreitungsvektor des empfangenen Signals und der von der RF-Antennenspule 12 aufgespannten Ebene ist.

Die Bandbreite des Resonators sollte mindestens doppelt so groß wie die Datenrate der Lesevorrichtung sein. Wird nun von einer typischen Datenrate von 70 KHz, einer  
10 Bandbreite von 150 Hz und einer Trägerfrequenz von 13,56 MHz ausgegangen, so beträgt der maximale Qualitätsfaktor  $Q_{\max} = 13,56 \text{ MHz} / 150 \text{ KHz} = 96,86$ .

Je höher der Qualitätsfaktor ist, je größer ist das induzierte Signal und damit der Leseabstand zwischen Lesevorrichtung und Sicherheitselement 1, um so kleiner ist  
15 jedoch dann auch die Bandbreite und damit die verwertbare Datenrate. Das beste Ergebnis bringt nun ein Transponder, wenn sich der Qualitätsfaktor der Antennenschaltung in einem bestimmten, von der Trägerfrequenz und der Datenrate abhängigen Bereich befindet.

Für das oben beschriebene Ausführungsbeispiel mit einer Trägerfrequenz von 13,56 MHz und einer Datenrate von 70 KHz hat sich ein Qualitätsfaktor im Bereich von 40 bis 60 als bester Kompromiss zwischen induzierter Signalstärke und Bandbreite erwiesen. Dieser praktische ermittelte Faktor weicht von dem oben ermittelten maximalen Qualitätsfaktor  $Q_{\max}$  ab, da die Bandbreite aufgrund von Fehltoleranzen  
25 der kapazitiven und induktiven Komponenten sowie Fehlanpassungen des Chips etwas höher als der theoretisch ermittelte Wert zu wählen ist.

Wie bereits oben dargestellt, hängt der Qualitätsfaktor Q von dem Widerstand R, der Kapazität C und der Induktivität L ab. Die Kapazität C und die Induktivität L ist durch  
30 die von der Lesevorrichtung verwendeten Trägefrequenz, die der Resonanzfrequenz entspricht, vorbestimmt. Zur Einstellung eines optimalen Qualitätsfaktors verbleibt damit im wesentlichen die Beeinflussung des Widerstands R. Durch die Erfindung

wird nun ein zusätzlicher Parameter eingeführt, mittels dem der Widerstand R beeinflusst und damit der Transponder auf einen optimalen Betriebszustand eingestellt werden kann: Der Widerstand R ist nun nicht nur abhängig von der Dicke der elektrisch leitfähigen Schicht und der Formgebung der elektrisch leitfähigen Schicht, sondern weiter abhängig von der Reliefform, Relieftiefe und der Spatialfrequenz der in die elektrisch leitfähigen Schicht abgeformten Reliefstruktur.

Die Schichtdicke der elektrisch leitfähigen Schicht ist im Regelfall durch die Fertigungstechnologie vorgegeben und kann so üblicherweise nicht zur Feinabstimmung des Qualitätsfaktors verändert werden. Die Ausformung der elektrisch leitfähigen Schicht beeinflusst weiter auch die Signalstärke: So kann beispielsweise die Breite der die Antennenspule bildenden Leiterbahnen nicht beliebig variiert werden, da die Breite der Leiterbahnen weiter auch die von der Spule umschlossene Fläche beeinflusst, d. h. die Signalstärke bei gleicher zur Verfügung stehender Fläche um so geringer ist, je breiter die Leiterbahnen der Spule sind (siehe obige Formel).

Damit kann durch die Gestaltung der Reliefstruktur zum einen eine präzise Feineinstellung des Widerstandes R und damit ein für den jeweiligen Transponder optimaler Qualitätsfaktor erzielt werden. Werden die Rillen der Reliefstruktur im Bereich der RF-Antennenspule 12 weiter im Mittel mehr längs zur Flussrichtung des elektrischen Stromes als quer zur Flussrichtung des elektrischen Stromes orientiert, so ergibt sich bei konstanter Dicke der leitfähigen Schicht eine Verringerung des Widerstandes R, so daß sich bei konstanter für die RF-Antennenspule zur Verfügung stehenden Fläche und konstanter Dicke der elektrisch leitfähigen Schicht die Signalstärke verbessert (siehe obige Formel).

Anhand von Fig. 2a, Fig. 2b und Fig. 2c wird nun der Aufbau eines erfindungsgemäßen Sicherheitselementes detailliert erläutert.

Fig. 2a zeigt ein Sicherheitselement zur RF-Identifikation, das von einem Folienelement 2 gebildet wird. Bei dem Folienelement 2 handelt es sich um eine Prägefolie. Es ist jedoch auch möglich, daß es sich bei dem Folienelement 2 um eine

Transfer-, Sticker- oder Laminierfolie handelt oder daß ein erfindungsgemäßes Sicherheitselement von der Übertragungslage einer Präge-, Transfer- oder Laminierfolie gebildet wird. Das Folienelement 2 weist eine Trägerfolie 21 und eine Übertragungslage 22 auf. Die Übertragungslage 22 weist eine Ablöse- und/oder  
5 Schutzlackschicht 23, zwei Replizierschichten 24 und 25, zwei elektrisch leitende Schichten 29 und 30 sowie eine Klebeschicht 26 auf. Die Trägerschicht 21 besteht beispielsweise aus einer Polyesterfolie mit einer Dicke von 12 µm bis 50 µm. Auf die Trägerfolie ist die Ablöse- und/oder Schutzlackschicht 23 in einer Schichtdicke von 0,3 bis 1,2 µm aufgebracht. Die Replizierschichten 24 und 25 haben eine  
10 Schichtdicke von 20 µm oder weniger.

Bei der Replizierschicht 24 handelt es sich vorzugsweise um ein transparentes, thermoplastisches Kunststoffmaterial, das beispielsweise mittels eines Druckverfahrens auf den von der Trägerfolie 21 und der Schutzlack- und/oder  
15 Ablöseschicht 24 gebildeten Folienkörper aufgebracht wird. Nach Trocknung wird in die Replizierschicht 24 mittels eines Prägewerkzeugs in den Bereichen 31 bis 37 eine Reliefstruktur 27 repliziert. Es ist hier jedoch auch möglich, daß die Replikation mittels eines UV-Replikationsverfahrens durchgeführt wird, bei dem ein UV-Replizierlack auf den von der Trägerfolie 21 und der Ablöse- und/oder  
20 Schutzlackschicht 23 gebildeten Folienkörper aufgetragen und anschließend zur Replikation der Reliefstruktur 27 partiell mit UV-Licht bestrahlt wird. Nach der Replikation der Reliefstruktur 27 erhärtet der Replizierlack durch Vernetzung oder in sonstiger Weise. Auf die Replizierschicht 24 wird nun die dünne, elektrisch leitende Schicht 29 vollflächig in einer Schichtdicke von 50 nm bis 50 µm, bevorzugt 1 µm bis  
25 10 µm, aufgebracht, beispielsweise durch Aufdampfen bzw. durch Sputtern oder Drucken. Die elektrisch leitfähige Schicht besteht hierbei vorzugsweise aus einer Metallschicht, beispielsweise aus Kupfer, Aluminium, Gold, Silber oder Messing. Die leitfähige Schicht kann auch aus einer Legierung der vorgenannten Materialien oder aus einem sonstigen leitfähigen Material, beispielsweise aus einem leitfähigen  
30 Polymer, bestehen.

Anschließend wird die elektrisch leitfähige Schicht in den Bereichen 38, 32, 34 und 36 partiell demetallisiert, so daß sich beispielsweise in den Bereichen 31 bis 37 das in

Fig. 2b gezeigte Leiterbahnenbild ergibt. Die Demetallisierung kann hierbei durch Aufdrucken eines Ätzresists und anschließendes Ätzen, durch Aufdrucken eines Ätzmittels oder durch Aufdrucken einer Waschmaske vor Beschichtung und einem Waschvorgang nach Beschichtung erfolgen. Weiter ist es natürlich auch möglich, durch entsprechend ausgeformte Bedampfungsmasken die Bedampfung bereits in der in Fig. 2a und Fig. 2b gezeigten Form partiell und musterförmig vorzunehmen. Weitere Verfahren sind die Belichtung von Photoresist mit folgendem Ätzen bzw. die Laserablation.

- 10    Anschließend wird die Replizierschicht 25 aufgebracht, in die dann, wie bereits oben in Bezug auf die Schichten 24 und 29 beschrieben, eine Reliefstruktur 28 repliziert wird und sodann die elektrisch leitfähige Schicht in partieller und musterförmiger Form, wie in Fig. 2a dargestellt, aufgebracht wird. Anschließend wird die Klebeschicht 26 aufgebracht. Bei der Klebeschicht 26 handelt es sich beispielsweise um einen thermisch aktivierbaren Kleber.

- Auf die Replizierschicht 25 und die elektrisch leitfähige Schicht 30 könnte hier auch verzichtet werden. Weiter ist es natürlich auch möglich, daß der Folienkörper 2 noch weitere Schichten aufweist, die beispielsweise optisch erkennbare Sicherheitsmerkmale bereitstellen. So kann der Folienkörper beispielsweise noch ein Dünnschichtsystem zur Erzeugung von blickwinkelabhängigen Farbverschiebungen mittels Interferenz aufweisen.

- Fig. 2b zeigt nun einen Ausschnitt des Folienelements 2 mit einem Flächenbereich 4. In dem Flächenbereich 4 ist die elektrisch leitfähige Schicht 29 in Form einer planaren Spule mit zwei Windungen, wie in Fig. 2b dargestellt, ausgeformt.

- Die Spule hat hier beispielsweise folgende Abmessungen: Die Länge der Spule beträgt 8 cm, die Breite der Spule 5 cm, die Breite der Windungen beträgt 2 mm, der Abstand der Windungen beträgt 2 mm, und die Dicke der elektrisch leitfähigen Schicht beträgt je nach Wahl der Reliefstruktur 27 zwischen 50 nm und 10 µm.

Um nun einen Qualitätsfaktor Q von 50 zu erzielen, ist ein Spulenwiderstand R zu wählen, für den gilt:

$$R = 50 \cdot \sqrt{\frac{L}{C}}$$

5

Damit ist eine Dicke  $t_e$  der elektrisch leitfähigen Schicht 29 zu wählen, für die folgende Bedingung gilt:

$$t_e = \frac{\rho \cdot l}{w \cdot F \cdot 50} \sqrt{\frac{C}{L}}$$

10

wobei  $\rho$  der spezifische Widerstand,  $l$  die Gesamtlänge der Leiterbahn der Spule,  $F$  der fraktale Faktor ist. Der fraktale Faktor  $F$  ist das Verhältnis der effektiven Breite zur projizierten Breite der Leiterbahnen der Spule.

15

Weiter ist hier auch noch der Skin-Effekt zu betrachten, der den Widerstand bei hohen Frequenzen verändert. Die Skin-Tiefe  $D_s$  wird hierbei durch die folgende Formel bestimmt:

$$D_s = \frac{1}{\sqrt{\pi \cdot f_0 \cdot \mu \cdot \sigma}}$$

20

wobei  $\mu$  die Permeabilität des Materials und  $\sigma$  die elektrische Leitfähigkeit ist.

25

Bei Trägerfrequenzen im Bereich von 13,56 MHz und einer Dicke der elektrisch leitfähigen Schicht, die deutlich kleiner als 20  $\mu\text{m}$  ist, ist der Skin-Effekt vernachlässigbar. Bei höheren Frequenzen, beispielsweise im 895 MHz oder 2,45 GHz Band, wirkt sich der Skin-Effekt hingegen auch bei Schichtdicken der elektrisch leitfähigen Schicht im Bereich von 1  $\mu\text{m}$  bis 50 nm aus. Mit der Vergrößerung der Oberfläche, die durch die Reliefstruktur 27 erzielt wird, wird aufgrund des Skin-Effekts der Widerstand der Spule verringert.

30

Der Flächenbereich 4 weist vier Teilbereiche 41 bis 44 auf, in denen die Orientierung der Reliefstruktur 27 jeweils unterschiedlich ist. So sind die Rillen der Reliefstruktur 27 in den Teilbereichen 41 und 43 waagrecht und in den Teilbereichen 44 und 42 senkrecht orientiert. Hierdurch wird erreicht, daß die Rillen der Reliefstruktur 27  
5 weitestgehend längs der Flussrichtung des elektrischen Stromes orientiert sind.

Als Profilform für die Reliefstruktur 27 wird die in Fig. 2c gezeigte Reliefstruktur verwendet.

- 10 Fig. 2c zeigt einen Ausschnitt einer Leiterbahn der Spule, die eine Breite 45 hat und in der die Reliefstruktur 27 abgeformt ist. Die Reliefstruktur 27 hat hierbei eine Gitterperiode 47 und eine Profiltiefe 46. Der fraktale Faktor F ergibt sich nun aus dem Verhältnis der effektiven Breite, die von der Gitterperiode 47 und der Relieftiefe 46 bestimmt wird, und der projizierten Breite, also der Breite 45. Für ein Sägezahnprofil  
15 berechnet sich der fraktale Faktor

$$F = h / d + \sqrt{\frac{h^2 + d^2}{d}},$$

wobei h = die Höhe und d = die Periode ist.

20

Für die in Fig. 2c gezeigte sägezahnförmige Reliefstruktur ergibt sich somit bei einer Profiltiefe von 1 µm ein fraktaler Faktor von 1,62 bei einer Gitterperiode von 2 µm, ein fraktaler Faktor 2,41 bei einer Gitterperiode von 1 µm und ein fraktaler Faktor von 4,24 bei einer Gitterperiode von 0,5 µm.

25

- Um nun bei der oben beschriebenen Spule einen Qualitätsfaktor von 100 zu erzielen, ist die Schichtdicke der elektrisch leitfähigen Schicht ohne Reliefstruktur 1,43 µm dick zu wählen, bei Verwendung einer Reliefstruktur mit einem fraktalen Faktor von 1,62 0,88 µm dick zu wählen, bei einem fraktalen Faktor von 2,41 0,59 µm dick zu wählen  
30 und bei einem fraktalen Faktor von 4,24 0,32 µm dick zu wählen. Wie hieraus ersichtlich ist, wird somit der Qualitätsfaktor und die zu wählende Schichtdicke der elektrisch leitfähigen Schicht 27 ganz wesentlich von der Reliefstruktur 27 beeinflusst.

Die Figuren Fig. 3 und Fig. 4 zeigen nun weitere Möglichkeiten auf, eine Reliefstruktur 27 in dem Flächenbereich 4 zu positionieren und auszuformen.

- 5 Fig. 3 zeigt einen Flächenbereich 51 und eine Reliefstruktur 52. Wie in Fig. 3 angedeutet, sind die Rillen der Reliefstruktur 52 in Form von konzentrischen Rechtecken angeordnet. In dem Bereich, in dem die Reliefstruktur 52 abgeformt ist, werden nun die Leiterbahnen der Spule vorgesehen, so daß die Reliefstruktur 52 nicht nur im Bereich der Leiterbahnen, sondern auch in den Zwischenräumen  
10 zwischen den Leiterbahnen vorgesehen ist. Dies hat den Vorteil, daß die Reliefstruktur 52 für verschiedene RF-Bauteile Verwendung finden kann, beispielsweise für Spulen mit unterschiedlicher Windungszahl Verwendung finden kann.
- 15 Fig. 4 zeigt nun einen Flächenbereich 53, in dessen Teilbereich 54 eine Reliefstruktur abgeformt ist. Die elektrisch leitfähige Schicht ist hierbei ebenfalls nur in den Teilbereichen 54 vorgesehen, so daß die Reliefstruktur die Bereiche, in der die elektrische leitfähige Schicht vorliegt, „nachzeichnet“. In dem Teilbereich 54 sind hierbei die Rillen der Reliefstruktur jeweils in Flussrichtung des elektrischen Stromes  
20 orientiert und sind so stets in Längsrichtung der Leiterbahnen orientiert, die die Spule bilden.

- Neben der in Fig. 2c gezeigten Reliefstruktur sind natürlich auch beliebige andere Reliefstrukturen als Reliefstruktur verwendbar. So sind beispielsweise  
25 Reliefstrukturen mit sinusförmigen, rechteckförmigen oder dreieckförmigen Profilformen verwendbar. Auch die Spatialfrequenz und die Profiltiefe kann variiert werden. Wie bereits oben aufgezeigt, sind hierbei vor allem Spatialfrequenzen zwischen 100 und 2000 Linien pro mm besonders gut geeignet, da hierdurch eine starke Beeinflussung des fraktalen Faktors erfolgt. Die Profiltiefe wird hierbei  
30 bevorzugt aus dem Bereich von 50 nm bis 10 µm gewählt.

Weiter ist es auch möglich, daß durch die Reliefstruktur 27 neben der oben aufgezeigten elektrischen Wirkung auch ein optischer Effekt erzielt wird, der



beispielsweise als zusätzliches Sicherheitsmerkmal des Sicherheitselements 2 Verwendung finden kann. So ist es beispielsweise möglich, gezielt beugungsoptisch wirksame Strukturen, wie beispielsweise Hologramme, Beugungsgitter, Kineforms u. dgl., zu gestalten, die zum einen den oben beschriebenen elektrischen Effekt als  
5 auch eine optische Wirkung als zusätzliches optisches Sicherheitsmerkmal zeigen.

In Fig. 5 ist so beispielsweise eine Reliefform 60 gezeigt, die sich aus einer Überlagerung einer Grobstruktur mit einer Periode 62 und einer Feinstruktur mit einer Periode 61 ergibt. Die Feinstruktur kann hier beispielsweise primär zur Erzielung der  
10 oben beschriebenen elektrischen Effekte verwendet werden, wohingegen die Grobstruktur primär der Erzeugung eines bestimmten optischen Sicherheitsmerkmals dient. Durch eine derartige Kombination von Grobstruktur und Feinstruktur ist es dann möglich, die für die Erzielung des elektrischen Effekts zu wählende optimale Flächengestaltung von der für die Erzielung des optischen Sicherheitsmerkmals  
15 notwendigen optischen Flächengestaltung zu entkoppeln.

Auch die umgekehrte Möglichkeit besteht, d.h. die Grobstruktur dient primär der Erzeugung des optischen und die Feinstruktur dient primär zur Erzeugung des elektrischen Effekts.

20 Die Figuren Fig. 6a bis Fig. 6c zeigen Flächenbereiche 63, 64 und 65, in denen eine elektrisch leitfähige Schicht jeweils zur Bildung einer RF-Antenne ausgeformt ist.

Der Flächenbereich 63 weist Teilflächen 631 bis 634 auf, in der jeweils eine  
25 elektrisch leitfähige Schicht auf einer Reliefstruktur aufgebracht ist. Diese Reliefstruktur ist in den Teilbereichen 631 und 632 in senkrechter Richtung orientiert und in den Teilbereichen 633 und 634 in waagerechter Richtung orientiert.

Der Flächenbereich 64 weist Teilflächen 641 bis 647 auf, in denen jeweils eine  
30 elektrisch leitfähige Schicht auf einer Reliefstruktur aufgebracht ist. Die Reliefstruktur ist hierbei in den Teilbereichen 642, 644 und 647 senkrecht und in den Teilbereichen 641, 643, 645 und 646 waagerecht orientiert.

Der Flächenbereich 65 weist in Teilbereichen 651 bis 660 eine auf einer Reliefstruktur aufgebrachte elektrisch leitfähige Schicht auf. Die Reliefstruktur ist in den Teilbereichen 652, 654, 655, 657 und 659 senkrecht und in den Teilbereichen 651, 653, 656, 658 und 660 waagrecht orientiert.

5

In Bezug auf die sonstige Ausformung der Reliefstrukturen wird auf die Figuren Fig. 2c, Fig. 3 und Fig. 4 verwiesen.

10

Fig. 7a zeigt ein Sicherheitselement 7 mit einer Substratschicht 71, einer RF-Antennenspule 72 und einem kapazitiven Element 70.

Die RF-Antennenspule 72 ist wie die RF-Antennenspule 12 nach Fig. 1a oder die Spule im Flächenbereich 4 nach Fig. 2b und Fig. 2c ausgestaltet. Der genaue Aufbau des kapazitiven Elements 70 ist in Fig. 7b gezeigt.

15

Fig. 7b zeigt einen Schnitt durch das kapazitive Element 70 und zeigt zwei elektrisch leitfähige Schichten 73 und 76, zwei Replizierschichten 74 und 75 und eine Trägerschicht 80. Die elektrisch leitfähigen Schichten 73 und 76 sowie die Replizierschichten 74 und 75 sind wie die elektrisch leitfähigen Schichten 29 und 30 bzw. die Replizierschichten 24 und 25 nach Fig. 2a ausgestaltet. Bei der Trägerschicht 80 handelt es sich beispielsweise um eine Polyesterfolie oder um eine Haftvermittlungsschicht. Auf die Schicht 80 könnte jedoch auch verzichtet werden. Die Kapazität 70 ist weiter über Verbindungselemente 77 mit der RF-Antennenspule 72 verbunden. Wie in Fig. 7b gezeigt, ist in den elektrisch leitfähigen Schichten 73 und 76 eine Reliefstruktur 78 bzw. 79 abgeformt.

25

Die Kapazität C des kapazitiven Elements 70 bestimmt sich auf  $C = \frac{\kappa \epsilon_0 A}{d_s}$ ,

wobei  $\kappa$  die Elektrizitätskonstante ist,  $\epsilon_0$  die Permeabilitätskonstante ist, A die Fläche der Kondensatorplatten ist und  $d_s$  die Distanz zwischen den

30

Kondensatorplatten ist. In diesem Ausführungsbeispiel beträgt  $\kappa$  2,1 bis 2,3,  $\epsilon_0$  ungefähr  $8,9 \cdot 10^{-12}$  coul<sup>2</sup>/N-m<sup>2</sup> und  $d_s$  ungefähr 20 µm.

Auch hier ergibt sich durch die Reliefstrukturen 78 und 79 der anhand von Fig. 2c erläuterte Effekt einer Vergrößerung der effektiven Fläche, so daß auch hier in der obigen Formel die Fläche A mit dem fraktalen Faktor zu multiplizieren ist. Ist, wie in  
5 Fig. 7 gezeigt, beidseitig eine Reliefstruktur in der elektrisch leitfähigen Schicht abgeformt, so ist die Fläche A mit den fraktalen Faktoren beider Reliefstrukturen zu multiplizieren. Haben die Reliefstrukturen 78 und 79 beispielsweise eine Relieftiefe von 1 µm und eine Gitterperiode von 1µm, so ist die Fläche mit dem fraktalen Faktor  $2,41 \times 2,41 = 5,81$  zu multiplizieren.

10 Damit ist es möglich, durch die Reliefstrukturen 78 und 79 den Flächenbedarf des kapazitiven Elements erheblich zu reduzieren oder mittels einer gezielten Gestaltung der Reliefstrukturen 78 und 79 bei vorgegebener Fläche die Kapazität des kapazitiven Elements zur Abstimmung der Resonanzfrequenz zu justieren

15 
$$(f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}).$$

Auch hier ergibt sich, wie bereits oben beschrieben, die Möglichkeit, daß die Reliefstrukturen 78 und 79 nicht nur der Beeinflussung der elektrischen  
Eigenschaften des kapazitiven Elements 70 dienen, sondern auch optische Effekte  
20 erzeugen, die als optisches Sicherheitsmerkmal Verwendung finden.

Fig. 8a zeigt nun ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung, bei dem die unter Fig. 1a und Fig. 7a verdeutlichten Verfahren mit einer Gestaltung des kapazitiven Elements kombiniert werden, bei dem das kapazitive Element aus einer Vielzahl von  
25 über Verbindungsbahnen verbundenen kapazitiven Teilelementen gebildet ist. Fig. 8a zeigt so ein Sicherheitselement 8 mit einer RF-Antennenspule 81, mehrere Kapazitäten C<sub>1</sub> bis C<sub>7</sub> und mehreren Verbindungsbahnen, die die RF-Antennenspule 81 mit den Kapazitäten C<sub>1</sub> bis C<sub>6</sub> verbinden. Durch gezieltes Durchtrennen der Verbindungsbahnen ist es im späteren möglich, die Kapazität des kapazitiven  
30 Elements im Nachhinein zu verändern und damit die Resonanzfrequenz der RF-Resonatorschaltung zu verändern.

So ist es beispielsweise, wie in Fig. 8b gezeigt, möglich, durch gezieltes Durchtrennen von Verbindungsbahnen die Kapazitäten  $C_1$  bis  $C_3$  in einer Reihenschaltung mit der durch die RF-Antennenspule 81 gebildeten Induktivität  $L$  zu verschalten und damit eine Resonatorschaltung 82 zu erhalten. Weiter ist es  
5 möglich, wie in Fig. 8c gezeigt, durch gezieltes Durchtrennen der Verbindungsbahnen die Kapazitäten  $C_1$  bis  $C_3$  in eine Parallelschaltung zu verbinden. Hierdurch ergibt sich eine Resonanzschaltung 83, in der die Summe der Teilkapazitäten  $C_1$  bis  $C_3$  der Induktivität  $L$  der RF-Antennenspule 81 gegenübersteht.

10

Wie hieraus ersichtlich ist, lassen sich durch die gezielte Durchtrennung der Verbindungsbahnen im Nachhinein eine Vielzahl unterschiedlicher Kapazitätswerte erzielen, so daß eine personalisierte, einzigartige Resonanzfrequenz im Nachhinein in das Sicherheitselement 8 codiert werden kann. Die Durchtrennung der  
15 Verbindungswege erfolgt hier beispielsweise mittels eines Lasers.

Anhand der Figuren Fig. 9a bis Fig. 9b werden nun weitere Möglichkeiten der Ausgestaltung eines erfindungsgemäßen Sicherheitselementes zur RF-Identifikation erläutert.

20

Fig. 9a zeigt ein Sicherheitselement 91. Dieses Sicherheitselement verfügt über eine Induktivität und eine Kapazität, die zu einem Resonanzschaltkreis verschaltet sind. Ein Mikrochip ist hier nicht vorgesehen. Ein derartiges Sicherheitselement dient beispielsweise der Diebstahlssicherung und reagiert auf eine ganz bestimmte  
25 Trägerfrequenz.

30

Fig. 9b zeigt ein Sicherheitselement 92, das über eine Induktivität und eine Kapazität verfügt. Die Kapazität ist mittels des in Fig. 8a beschriebenen Verfahrens individualisierbar, so daß dieses Sicherheitselement auf eine bestimmte, personalisierte Frequenz anspricht. Ein derartiges Sicherheitselement kann beispielsweise für Identifikation und Authentisierung eingesetzt werden.

Fig. 9c zeigt ein Sicherheitselement 92, bei dem eine Spule mit verschiedenen Kapazitäten derart verschaltet sind, daß sich verschiedene Resonanzschaltkreise ergeben und die Schaltung demnach zwei oder mehr Resonanzfrequenzen besitzt. Durch nachträgliche Entfernung einzelner Verbindungsbahnen ist die Codierung von  
5 Informationen durch Bestimmung der Resonanzfrequenzen möglich, die diese Schaltung besitzt. So sind beispielsweise bei der Verwendung von acht unterschiedlichen Resonanz-Frequenzen  $2^8 - 1$  Möglichkeiten der Codierung möglich. Ein derartiges Sicherheitselement kann zur Identifizierung und Authentifizierung verwendet werden.

10

Fig. 9d zeigt ein Sicherheitselement 93, das über eine Antenne und einen Mikrochip 94 verfügt. Die Kommunikation zwischen Transponder und Leseeinrichtung kann in der Übermittlung einer einfachen ID-Kennung oder in einem Prozeß bestehen, bei dem in dem Transponder gespeicherte Daten identifiziert und neu gespeichert  
15 werden. Ein derartiges Element kann Daten lesen und Schreiben und mit einer Lesevorrichtung kommunizieren, so daß hier komplexe Funktionen, insbesondere komplexe Identifikations-, Authentisierungs-, E-Commerce- und E-Government-Funktionen realisiert werden können.

Patentansprüche

5

1. Sicherheitselement (1, 2, 7, 8) zur RF-Identifikation, wobei das  
Sicherheitselement eine flexible, elektrisch nicht leitende Substratschicht (11, 24,  
74) und eine auf der Substratschicht aufgebraachte erste elektrisch leitfähige  
10 Schicht (29, 73) aus einem elektrisch leitenden Material aufweist, die in einem  
ersten Flächenbereich (4, 51, 53, 63, 64, 65) musterförmig zur Bildung eines RF-  
Bauteils (12, 13, 72, 70, 81) ausgeformt ist,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
daß in dem dem RF-Bauteil zugeordneten Flächenbereich in der ersten elektrisch  
15 leitfähigen Schicht (29, 73) zumindest bereichsweise eine erste Reliefstruktur (27,  
28, 60, 78) abgeformt ist.

2. Sicherheitselement nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
20 daß in dem dem RF-Bauteil zugeordneten Flächenbereich in der ersten elektrisch  
leitfähigen Schicht (29, 73) zumindest bereichsweise eine erste Reliefstruktur (27,  
28, 60, 78) zur Änderung der elektrischen Eigenschaften des RF-Bauteils  
abgeformt ist.

25 3. Sicherheitselement nach Anspruch 1 oder 2,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
daß die Substratschicht (24) eine Replizierschicht ist und die erste Reliefstruktur  
(27) in die der ersten elektrisch leitfähigen Schicht zugewandte Oberfläche der  
Replizierschicht (27) abgeformt ist.

30

4. Sicherheitselement nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**

daß die erste elektrisch leitfähige Schicht (29) eine auf die Substratschicht (24) aufgebraute Metallschicht ist.

5. Sicherheitselement nach einem der vorgehenden Ansprüche,

5     **dadurch gekennzeichnet,**

daß die erste elektrisch leitfähige Schicht (29, 73) eine Dicke im Bereich von 50 nm bis 50 µm, bevorzugt 1 bis 10 µm, hat.

6. Sicherheitselement nach einem der vorgehenden Ansprüche,

10     **dadurch gekennzeichnet,**

daß die erste elektrisch leitfähige Schicht (29) im ersten Flächenbereich (2, 51, 53, 63 bis 65) in Form einer RF-Antenne (12) oder einer Spule ausgeformt ist und daß in dem der RF-Antenne bzw. der Spule zugeordneten Bereich der leitfähigen Schicht (29) die Rillen der Reliefstruktur (27, 60) im Mittel mehr längs zur  
15     Flussrichtung des elektrischen Stroms als quer zur Flussrichtung des elektrischen Stroms orientiert sind.

7. Sicherheitselement nach Anspruch 6,

**dadurch gekennzeichnet,**

20     daß die Rillen der Reliefstruktur (27) in dem der RF-Antenne bzw. -Spule zugeordneten Bereich der elektrisch leitfähigen Schicht längs der Flussrichtung des elektrischen Stroms orientiert sind.

8. Sicherheitselement nach Anspruch 6 oder 7,

25     **dadurch gekennzeichnet,**

daß die erste elektrisch leitfähige Schicht (29) in dem ersten Flächenbereich (2) in Form ein oder mehrerer Leiterbahnen mit einer Breite von 50 µm bis 10 mm, vorzugsweise 100 µm, ausgeformt ist.

30     9. Sicherheitselement nach einem der vorgehenden Ansprüche,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß das Sicherheitselement eine zweite elektrisch leitfähige Schicht (76) aufweist und daß im ersten Flächenbereich die erste und die zweite elektrisch leitfähige Schicht (73, 76) ein kapazitives Element (70) bilden.

- 5 10. Sicherheitselement nach Anspruch 9,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
daß in dem dem kapazitiven Element (70) zugeordneten Flächenbereich in der zweiten leitfähigen Schicht (76) zumindest bereichsweise eine zweite Reliefstruktur (79) abgeformt ist.

10

11. Sicherheitselement nach Anspruch 9 oder 10,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
daß die erste Reliefstruktur (78) eine Vielzahl von sich kreuzenden Rillen aufweist.

15

12. Sicherheitselement nach einem der vorgehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
daß die erste Reliefstruktur eine Profiltiefe im Bereich von 50 nm bis 10 µm besitzt.

20

13. Sicherheitselement nach einem der vorgehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
daß die Reliefstruktur eine Spatialfrequenz im Bereich von 100 bis 2000 Linien pro mm besitzt.

25

14. Sicherheitselement nach einem der vorgehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**  
daß die erste Reliefstruktur (27) ein Sägezahn-, Dreieck-, Rechteck- oder Sinusprofil besitzt.

30

15. Optisches Sicherheitselement nach einem der vorgehenden Ansprüche,  
**dadurch gekennzeichnet,**



daß die erste Reliefstruktur (60) aus der Überlagerung einer Grobstruktur und einer Feinstruktur gebildet ist.

16. Sicherheitselement nach einem der vorgehenden Ansprüche,

5

**dadurch gekennzeichnet,**

daß die erste Reliefstruktur zusätzlich ein optisches Sicherheitsmerkmal erzeugt.

17. Sicherheitselement nach einem der vorgehenden Ansprüche,

10

**dadurch gekennzeichnet,**

daß das Sicherheitselement eine Resonanzschaltung zur RF-Identifikation aufweist.

18. Sicherheitselement nach einem der vorgehenden Ansprüche,

15

**dadurch gekennzeichnet,**

daß das Sicherheitselement einen Chip aufweist.

19. Sicherheitselement nach einem der vorgehenden Ansprüche,

20

**dadurch gekennzeichnet,**

daß das Sicherheitselement ein Folienelement, insbesondere eine Prägefolie, eine Laminierfolie, eine Stickerfolie oder ein Teilelement einer Übertragungslage einer derartigen Folie ist.

20. Verfahren zum Erzeugen eines Sicherheitselements zur RF-Identifikation, wobei

25

bei dem Verfahren auf einer flexiblen, elektrisch nicht leitenden Substratschicht (24) in einem ersten Flächenbereich der Substratschicht eine erste leitfähige Schicht (29) aus einem elektrisch leitenden Material musterförmig zur Bildung eines RF-Bauteils (12) ausgeformt aufgebracht wird,

**dadurch gekennzeichnet,**

30

daß in dem dem RF-Bauteil zugeordneten Flächenbereich (2) in der ersten leitfähigen Schicht (29) zumindest bereichsweise eine erste Reliefstruktur (27) zur Änderung von elektrischen Eigenschaften des RF-Bauteils abgeformt wird.

21. Verfahren nach Anspruch 20,

**dadurch gekennzeichnet,**

daß die erste leitfähige Schicht (29) vollflächig, z.B. durch Bedampfung, auf die  
5 Substratschicht aufgebracht wird und dann partiell musterförmig zur Bildung des  
RF-Bauteils (12) demetallisiert wird.

22. Verfahren nach Anspruch 20 oder 21,

**dadurch gekennzeichnet,**

10 daß in der ersten leitfähigen Schicht zwei oder mehr mit Verbindungsbahnen  
verbundene kapazitive Teil-Elemente ausgeformt werden und daß  
Verbindungsbahnen zu kapazitiven Teil-Elementen später zur Feinabstimmung  
der Resonanzfrequenz durchtrennt werden.

15

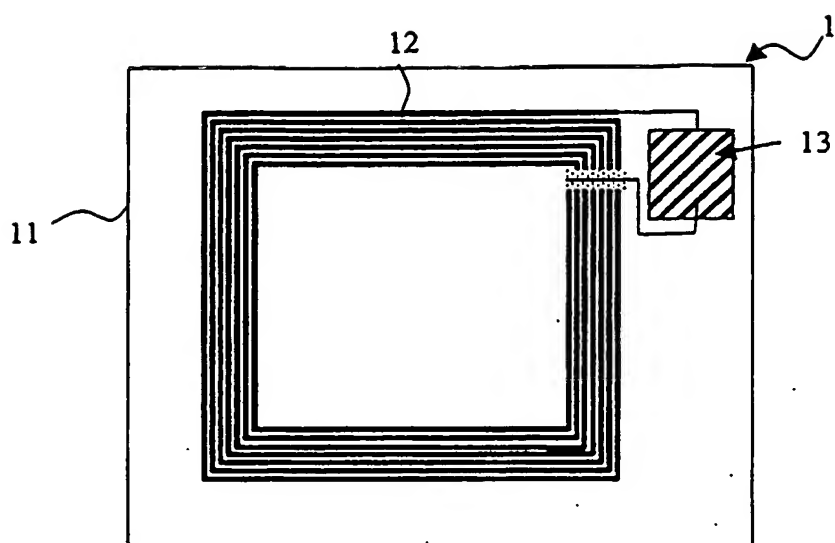


Fig. 1a

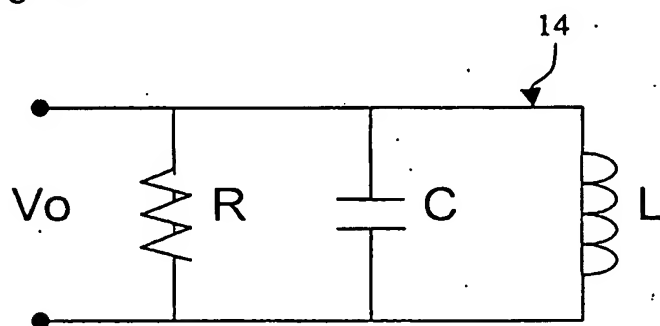


Fig. 1b

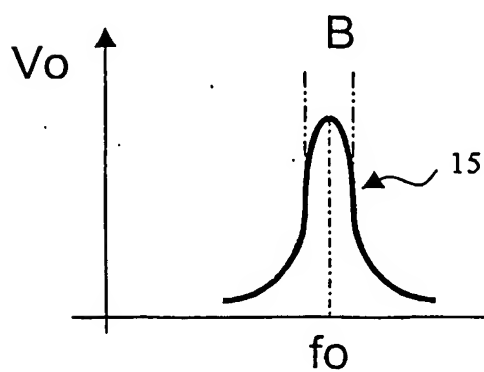


Fig. 1c

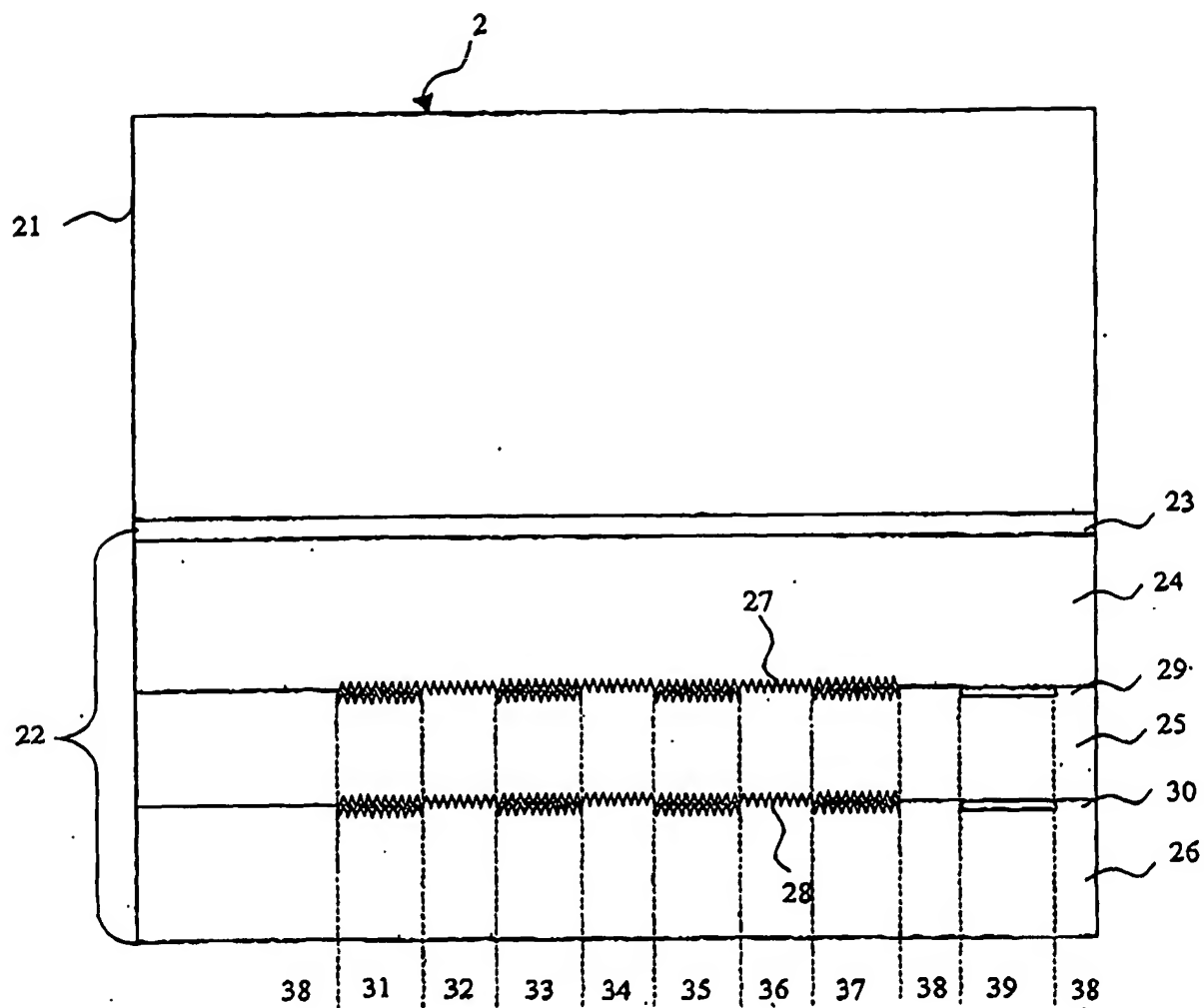


Fig. 2 a

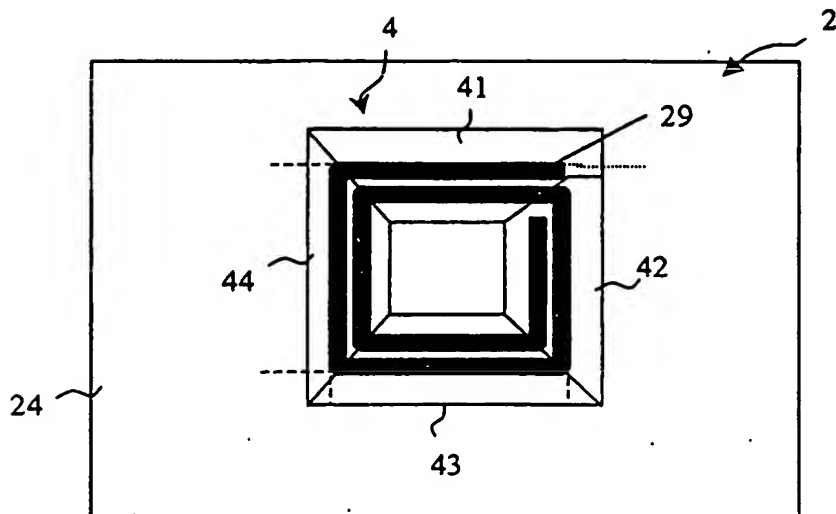


Fig. 2 b

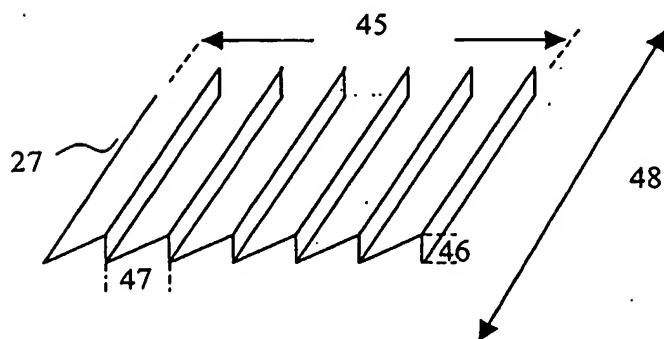


Fig. 2 c

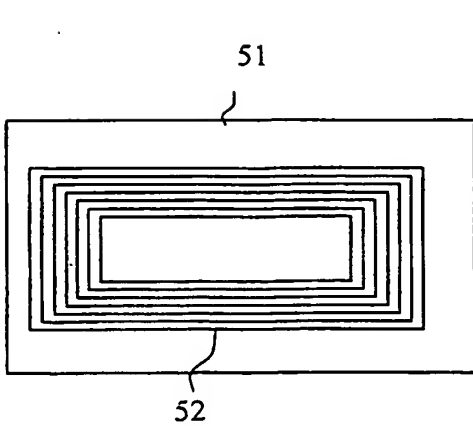


Fig. 3

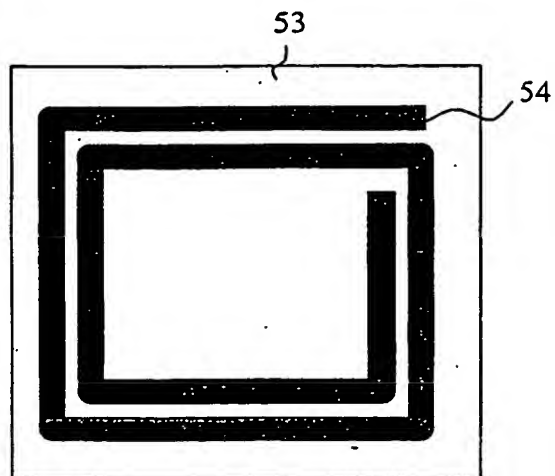


Fig. 4

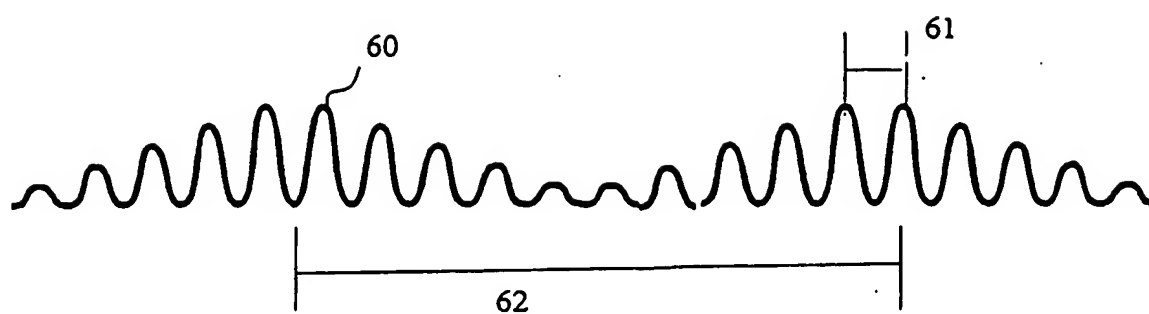


Fig. 5

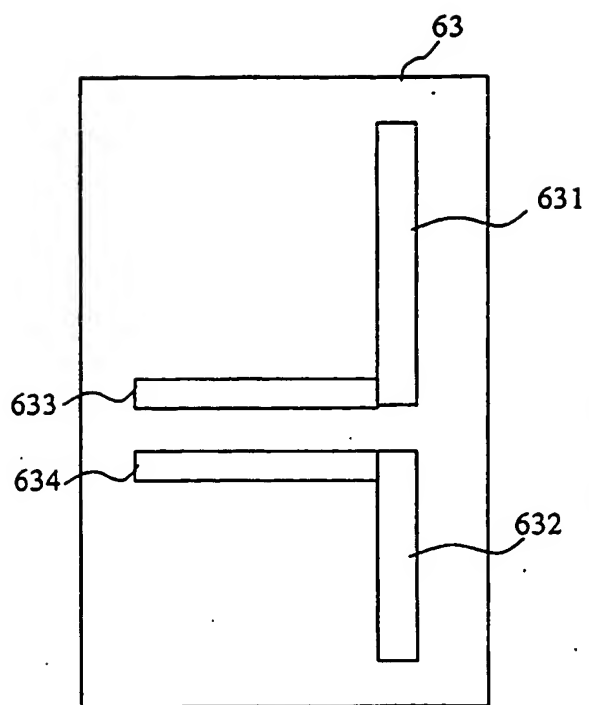


Fig. 6 a

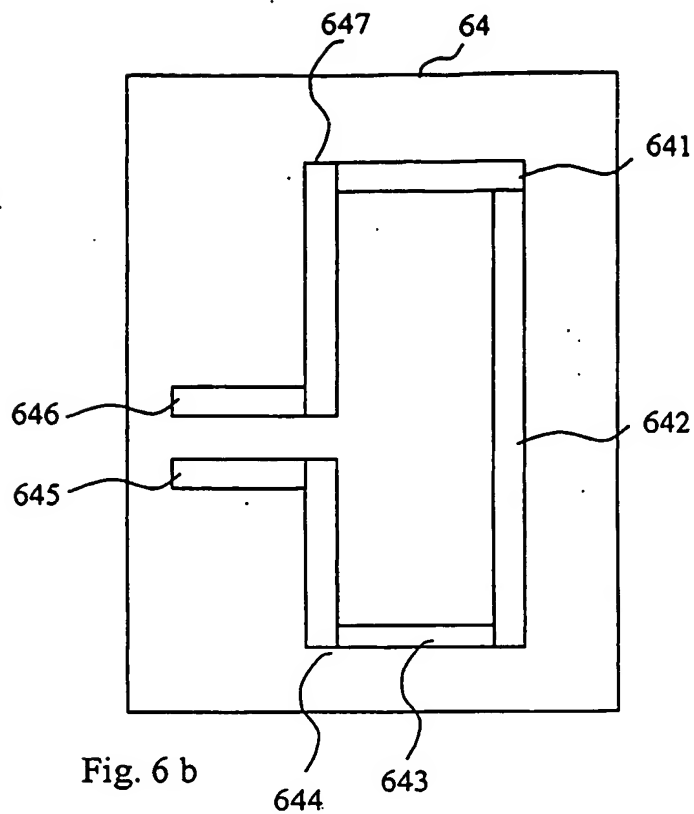


Fig. 6 b

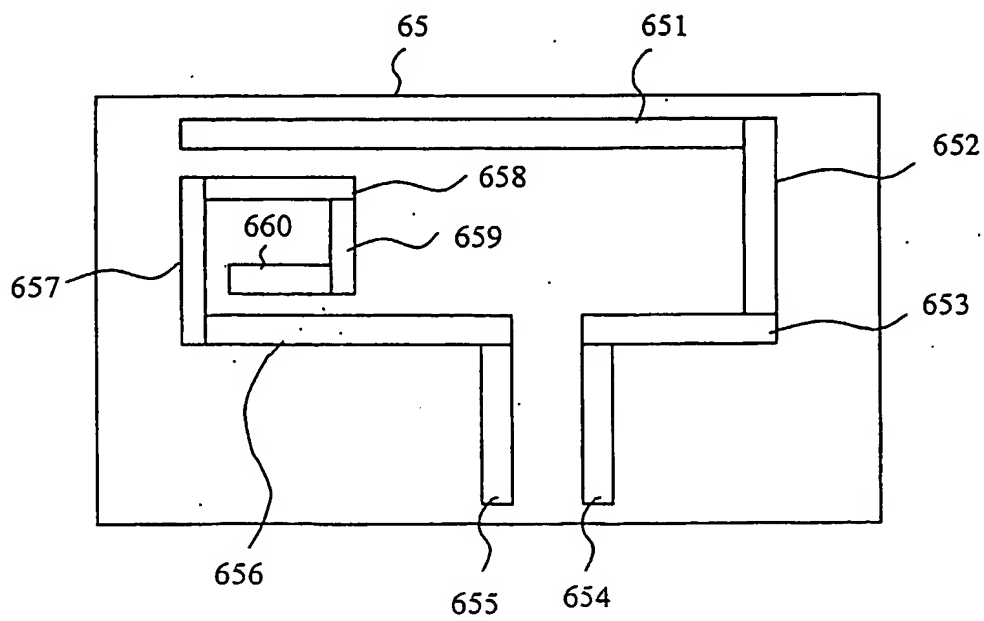


Fig. 6 c

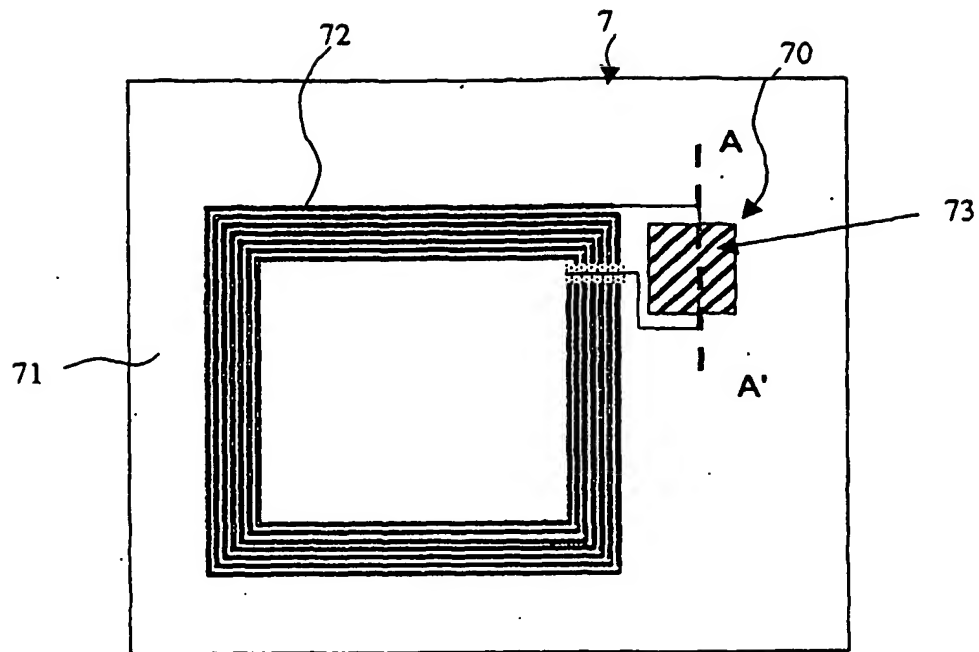


Fig. 7 a

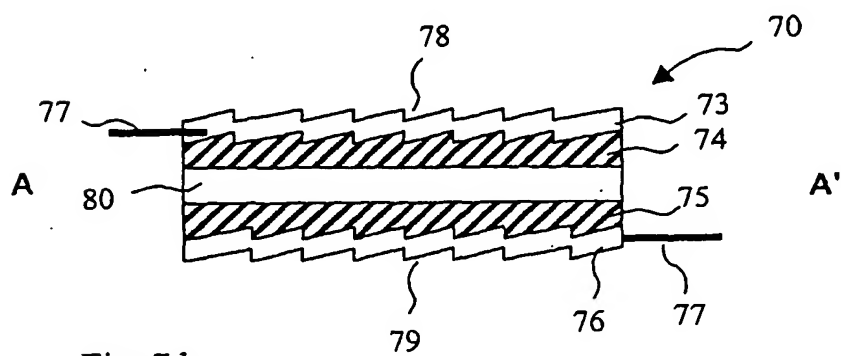


Fig. 7 b



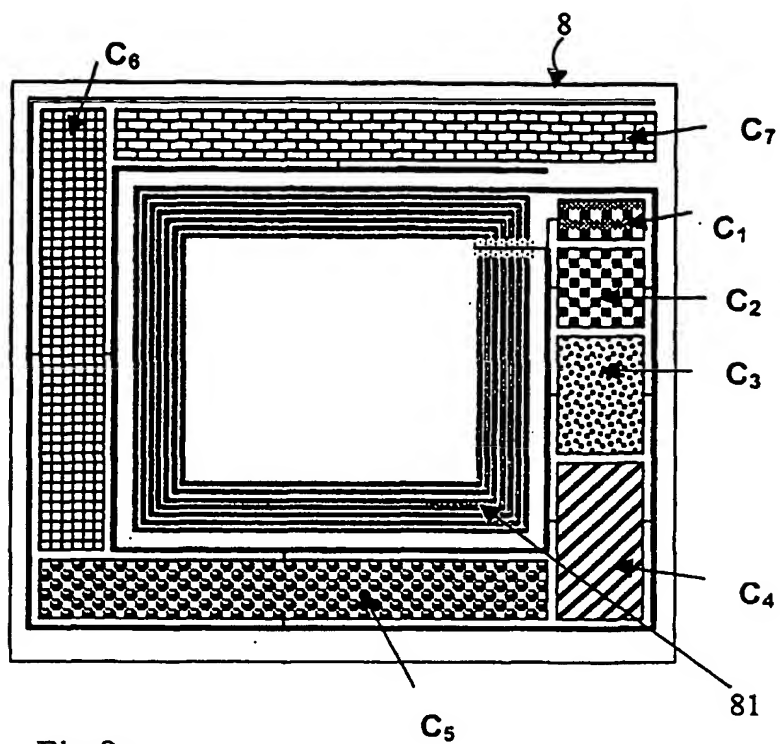


Fig 8a

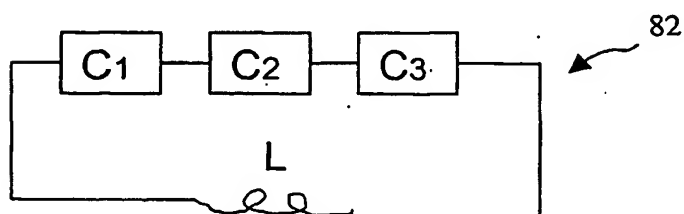


Fig 8b

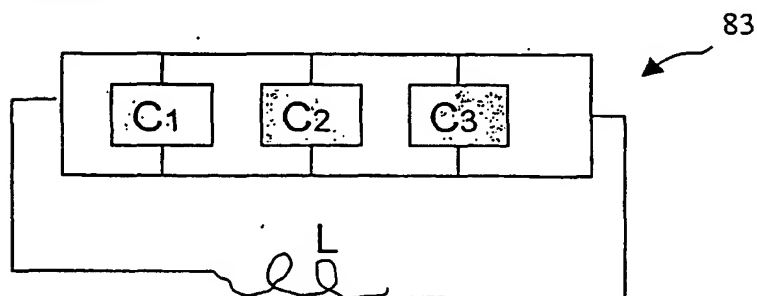


Fig 8c

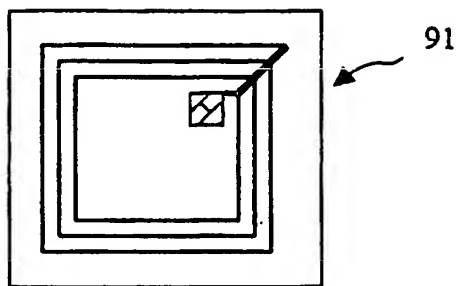


Fig 9a

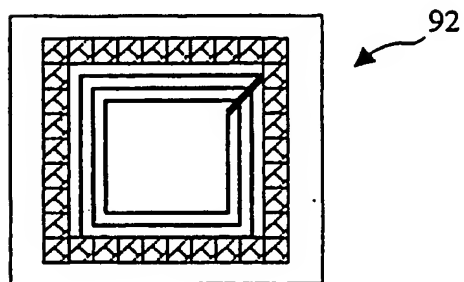


Fig 9b

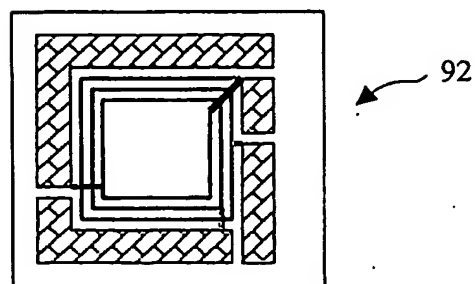


Fig 9c

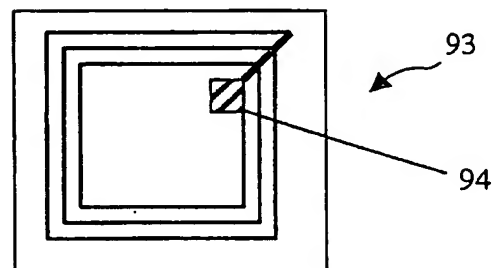


Fig 9d

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 7 G06K19/067 G06K19/07

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 G06K H01Q

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC, IBM-TDB

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 97/21184 A (ADVANCED DEPOSITION TECHNOLOGI) 12 June 1997 (1997-06-12) page 14, line 26 - page 16, line 9; claim 1	1, 3, 4, 9, 16-20
X	DE 101 18 487 A (DEMAG ERGOTECH GMBH) 17 October 2002 (2002-10-17) column 4, line 42 - column 5, line 33	1, 2, 6, 7, 20

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*G\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

21 October 2004

Date of mailing of the international search report

27/10/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Gronau von, H-C

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
WO 9721184	A	12-06-1997	US	5757521 A	26-05-1998
			WO	9721184 A2	12-06-1997
DE 10118487	A	17-10-2002	DE	10118487 A1	17-10-2002

**A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
IPK 7 G06K19/067 G06K19/07

Nach der internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**

Recherchierter Mindestprüfstoß (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
IPK 7 G06K H01Q

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoß gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC, IBM-TDB

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 97/21184 A (ADVANCED DEPOSITION TECHNOLOGI) 12. Juni 1997 (1997-06-12) Seite 14, Zeile 26 - Seite 16, Zeile 9; Anspruch 1	1, 3, 4, 9, 16-20
X	DE 101 18 487 A (DEMAG ERGOTECH GMBH) 17. Oktober 2002 (2002-10-17) Spalte 4, Zeile 42 - Spalte 5, Zeile 33	1, 2, 6, 7, 20

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- \*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- \*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- \*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- \*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- \*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

21. Oktober 2004

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

27/10/2004

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Gronau von, H-C

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
WO 9721184	A	12-06-1997	US WO	5757521 A 9721184 A2	26-05-1998 12-06-1997
DE 10118487	A	17-10-2002	DE	10118487 A1	17-10-2002